BIM 技术在桥梁工程中的应用研究综述

程海根　沈长江

（华东交通大学　土木建筑学院，南昌　330013）

【摘　要】随着 BIM 技术在房屋建筑工程中的大力推广应用，BIM 技术在桥梁工程中的研究也日益增多。本文分别从设计、施工、运营维护等三个方面系统分析了国内 BIM 技术在桥梁工程中的应用研究现状，并总结了 BIM 技术在我国的桥梁工程中应用研究的基本特征，从而对 BIM 技术在桥梁工程中的进一步应用研究提出建议。
【关键词】BIM 技术；桥梁工程；研究现状；应用现状
【中图分类号】TU17；U44　【文献标识码】A　【文章编号】1674－7461（2017）05－0103－07
【DOI】10.16670/j.cnki.cn11－5823/tu.2017.05.19

1　引言

据统计，截至 2013 年底，中国桥梁已达到 86 万座，超过了美国的 61 万座，居世界第一，估计到 2025 年将突破 100 万座。但是，目前我国危桥总数已达到 9.4 万座，大约占现有桥梁的 1/9，且今后危桥所占比例仍将不断提高[1]。这一现状的出现，归结于桥梁结构本身的复杂性和受传统设计、施工及运营维护手段的局限。桥梁结构的复杂性主要体现为以下三个方面：1）设计阶段结构形式复杂、异型构件繁多、受力分析要求高等；2）施工阶段施工环境复杂、工艺特殊、设备众多等；3）运营维护阶段定期检测养护频繁、灾害多等[2]。如何实现桥梁工业化、信息化、智能化的发展目标成为我国亟待解决的问题。而作为工程领域的新兴技术和工具，BIM 技术为桥梁发展目标的实现提供了有效的信息化手段。

《建筑信息模型应用统一标准》将 BIM 定义为：全寿命期工程项目或其组成部分物理特征、功能特性及管理要素的共享数字化表达[3]。作为 BIM 的技术实现手段，BIM 技术的核心在于赋予三维模型以完整的信息流，涵盖设计、施工、运营维护等各个阶段，支持设计、施工和运营维护的信息一体化。目前，国内学者们围绕 BIM 技术在桥梁工程中的应用进行了不同桥型和不同阶段的研究和工程应用，图 1 是 BIM 技术在桥梁工程中应用研究文献统计情况，可以看出国内学者对其研究热度逐年上升。但是就现阶段而言，BIM 技术在桥梁工程中的应用研究仍然比较局限。因此，本文对 BIM 技术在桥梁工程中的应用研究现状进行分析，并总结其应用研究的基本特征，为进一步推动 BIM 技术在桥梁工程全寿命周期内的应用研究提供参考建议。

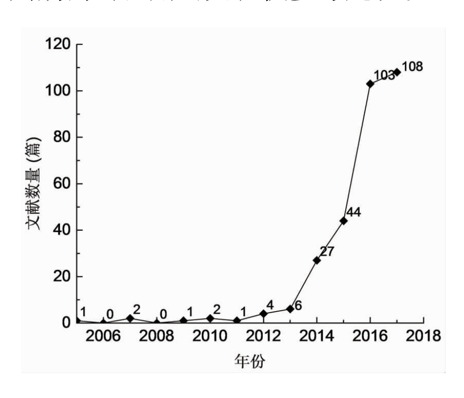


图 1　国内 BIM 技术在桥梁工程中应用研究文献数量

2　BIM 技术在桥梁设计阶段的应用研究现状

2.1　设计阶段研究现状

桥梁工程设计一般包括初步设计、技术设计和施工设计三个方面。在初步设计阶段，钱枫[4]认为通过使用 Revit 软件建立桥梁三维参数化模型用于项目的立项、可行性研究和方案比选，能够为设计人员和业主之间提供一个更为有效的沟通平台。

【作者简介】　程海根（1971－），男，博士，教授，主要研究方向：桥梁的检测与设计；沈长江（1996－），男，硕士，主要研究方向：BIM 技术在桥梁工程中的应用。

但是由于目前市场上可实现桥梁三维建模的软件较多,并且不同软件各有其优缺点,因此不同的学者采用了不同的软件作为设计阶段的核心建模软件,如 Revit、Solidworks、Bentley、Tekla Structures、CATIAT 和 Rhino 等。针对这些软件,汪逊[5]系统归纳了市面上可用于桥梁三维设计的 BIM 商用软件,并通过试用对比了各软件的优劣。

技术设计是对桥梁 BIM 模型的深化设计,对确定好的设计方案进行整体和局部结构的细化处理。施工设计则是在对模型结构计算分析的基础上,建立 BIM 施工模型和生成二维施工图纸用于指导施工及资料备案。李红学等[6]提出利用 BIM 软件在技术和施工设计阶段进行碰撞冲突分析、构件连接状况分析,通过软件自动生成的分析报告解决设计中存在的问题,并且对钢桥 Loukouni 大桥进行了设计和施工优化,但 BIM 技术在该项目的应用局限于设计问题的检测分析和施工进度计划的模拟。

在钢桥方面,宋红飞等[7]探讨了 BIM 在钢桥技术准备、BIM 与数控设备数据对接、BIM 在试拼装、BIM 与 ERP 管理系统信息对接四个方面的信息化优势。刘延宏[8]研究了 BIM 技术在铁路桥梁协同设计的设计流程、BIM 技术在钢桁梁加工制造、管理和数字化预拼装、BIM 技术在建设管理中进行可视化交底和进度管理等三个方面的应用优势。熊世雄等[9]认为在三维建模方面,建议直接利用三维建模软件进行 BIM 建模,列出了 Bentley、Tekla Structures、CATIA 等三款主流设计软件的优点及适用领域,并提出要合理选用多个软件共同完成桥梁钢结构建模工作。以上的研究在桥梁领域核心建模软件的选取上没有统一意见,同时,初步、技术和施工设计软件之间的数据接口和 BIM 模型如何与数控设备、ERP 管理系统等的信息对接问题没有得到有效解决。

针对初步、技术设计和施工设计软件间的数据传递问题,有学者提出了基于现有软件二次开发的解决方式。林友强等[10]提出在设计阶段通过开发 Revit、CAD、Midas 等软件建立了 TJADBrIM 桥梁信息模型系统,通过将该系统应用于一座钢混组合箱梁桥,发现 TJADBrIM 系统通过建立桥梁族库,能够实现大部分常规桥梁的快速建模、结构分析和自动出图等功能,验证了 TJADBrIM 系统的有效性。但是该系统并未实现信息在软件间的双向传递和仍需建立更加完善的桥梁族库。彭兴东[11]通过对 Revit 进行二次开发,总结了 Revit API 函数二次开发方法和常用技巧,并通过对直线段简支箱梁桥、曲线段 T 梁桥和直线段连续梁桥等不同桥型的尝试验证了建模方法的可行性,但是所构建的桥梁模型较为粗略,仅包含梁、墩身、承台和桩等基本构件。二次开发所基于平台及实现功能如表 1 所示。

表 1　二次开发平台及实现功能

二次开发平台	实现功能	对应文献
TJADBrIM 系统	常规桥梁的快速建模、结构分析和自动出图	[10]
Revit API	常规梁桥设计、复杂线形桥梁设计	[11, 18]
达索软件	钢箱梁的快速建模、正向的三维设计、一套二维图的表达方法	[14, 16, 26]
Inventor 平台	桁架桥梁 BIM 模型重建、模拟设计施工过程	[40]

2.2　设计阶段应用现状

目前,国内学者及工程人员采用不同的设计软件对 BIM 技术在设计阶段的应用进行了不同桥型的尝试。在大跨度斜拉桥设计中,宋福春等[12]利用 Revit 建立了完整的永川长江大桥斜拉桥模型,提高了桥梁的建模速度。刘杰等[13]将 BIM 技术主要应用于摩洛哥布里格里格河谷斜拉桥的复杂造型结构设计、钢筋工程设计、钢锚箱设计等方面,完成了复杂造型设计、二维出图、工程量统计、碰撞检查等基本工作。张磊[14]以某斜拉桥工程为案例,应用达索 V6 尝试了初期方案设计,在深化设计阶段按桥梁结构类型以统一的标准建立构件模板,用程序实现构件模板的自动调用拼装,并模拟工程设计变更,验证其对变更的适用性。陈竟翔[15]通过集成不同软件建立了范蠡大桥 BIM 模型,BIM 技术主要应用于项目演示、结构的受力分析和方案优化等方面。

在钢桥设计方面,王毅等[16]以上海北虹路立交项目为依托采用 CATIA 二次开发的方式为钢箱梁编制自动建模插件,实现了钢箱梁的快速建模。

在景观桥工程设计中,张昊等[17]研究了山西省人行景观桥工程基于 Solidworks 的施工图深化设计。汪彬[18]研究了 Revit 的体量建模,开发了在体量环境下创建纵坡不为零的具有空间复杂线形桥梁模型的方法,并对深圳前海 7 号桥项目的三维模型进行了设计分析与优化。在他的论文中,BIM 技术在设计阶段主要应用于建模分析和监测修改存在的问题。

在上承式拱桥中,陈浩[19]给出了 BIM 技术在桥梁设计中的应用框架,结合北盘江特大桥的工程实例,阐述了 BIM 技术在设计阶段的三维参数化建模、二维出图、工程量统计、碰撞检测等方面的具体

应用。李兴等[20]依据工程项目中特定要求选取达索公司的 CATIA 作为 BIM 技术的操作平台,以蝴蝶型拱桥的基础、拱肋、桥面系、拉索以及支座等基本组成部分构建桥梁三维模型的骨架,结合局部参数化的构件进行三维模型的建立。张建军等[21]以滕州市某桥梁工程为背景,采用 Revit 对桥梁进行了三维建模设计并输出施工图纸。

在铁路桥梁中,冯川等[22]结合某铁路桥梁工程实际,研究了基于 CATIA 从数据命名规则到工程出图的基本设计流程,为后期查询与管理模型数据提供了便捷。刘彦明[23]结合银西高铁 BIM 试点项目,介绍了基于 Bentley 平台铁路桥梁 BIM 设计系统开发的设计思想和主要技术特征。傅萌萌等[24]以深茂铁路潭江特大桥作为工程背景,采用 CATIA 设计引桥和 Solidworks 设计主桥,完成了参数化建模、结构仿真分析、碰撞检查、输出施工图纸、材料信息赋予及工程数量统计、指导施工工序等工作。由于 CATIA 和 Solidworks 软件同属于达索公司,因此能够避免数据的割裂和信息的丢失。

在公路桥梁旧路改造方面,刘智敏等[25]通过在塞拉利昂公路中的一座桥梁的设计阶段利用 BIM 技术,完成了桥梁建模和碰撞分析检查,计算工程量,输出二维施工图和 4D 施工过程模拟等工作,并为该项目开发了运营维护阶段的数据测试接口。

然而,元宇[26]认为目前桥梁设计阶段 BIM 模型的建立大都是在已有的设计图纸基础上进行翻模,用于前期展示或者辅助施工管理,这不能充分发挥 BIM 技术在设计阶段的应用价值。因此他通过软件二次开发在没有设计图纸的情况下进行正向的三维设计,同时研究出了一套二维图的表达方法,用于检验三维设计的准确性。

上述学者利用多款软件实现了不同桥型的三维建模,所选用的软件基本涵盖了市面上现有可进行桥梁三维建模的所有软件,桥型的选择也与工程实际紧密结合。但是不难发现,他们目前所进行的研究尚处于初级阶段,主要是通过不同软件建立三维参数化模型,应用局限于项目演示、碰撞检查、工程量统计和二维出图等方面,对于核心建模软件的确定、如何实现协同设计和模型数据如何传递到施工阶段等关键性问题尚未进行深入研究。

3 BIM 技术在桥梁施工阶段的应用研究现状

3.1 施工阶段研究现状

针对如何将设计阶段建立的 BIM 模型转换为 BIM 施工模型的问题,马文卓等[27]认为施工阶段 BIM 模型创建的方式有两种:一是直接对设计方的 3D 模型补充施工信息得到所需模型;二是依据设计图重新创建施工所用 BIM 模型。第一种方式符合在项目全生命周期应用 BIM 的理念,保证设计到施工使用统一的 BIM 模型。第二种方式也称翻模,是目前推广 BIM 的过程中普遍采用的方式,但是该方式耗时且阻碍了 BIM 模型价值的充分发挥。高晶晶等[28]研究了 BIM 技术在桥梁施工阶段四个方面的应用:1)通过建立 BIM 的统一管理平台,实现设计、施工、监理、材料供应等单位的多角度协调应用;2)利用施工辅助模型进行更全面有效的施工进度管理;3)通过施工模拟加强工人安全教育;4)采用三维技术交底更好地实现设计者意图。谢显红[29]提出了 BIM 在桥梁工程设计和施工中的优化方案,包括初步设计、施工设计、施工工序、施工进度和管理等的优化,但是并未结合实际工程项目分析 BIM 技术在施工过程中的可行性和能够取得的效益。杨创贵[30]在数字信息化施工、施工模拟、进度管理、安全数据信息管理、物料设备管理、协同作业、可视化交底等方面,对 BIM 技术在桥梁施工阶段的应用进行了展望。洪骏飞[31]研究了 BIM 技术在大型桥梁工程项目管理中的应用,提出了包括施工方案模拟、进度管理、成本管理、现场物资管理、质量安全管理等方面的协同管理框架,并以潭江大桥项目为工程实例进行有效性和可行性分析,但未对动态安全检测、5D 资源管理等方面进行深入研究。

在钢结构桥梁方面,熊世雄等[9]研究了现有专业软件在钢桥工程加工制造、物料管理、虚拟预拼装等方面的应用。在物料管理方面,提出利用二维码和射频技术来进行管理和跟踪,以实现对构件加工和构件安装的管理,但是射频数据采集、模型数据接口和二维码长久清晰保存等问题没有得到解决;在虚拟预拼装方面,提出利用 BIM 软件三维可视化功能实现虚拟预拼装,但是获取现场实际模型所采用的单点测量和三维扫描技术目前仍存在不足。

以上的研究表明,当前 BIM 技术在桥梁施工阶段的主要研究方向是实现三维技术交底、物料加工制造、施工过程模拟、施工进度管理和项目成本控制等。目前,学者们仅仅提出了 BIM 技术在施工阶段的应用设想,但是对于关键节点应用面临的问题,没有给出具体的解决办法。

3.2 施工阶段应用现状

与设计阶段相同,BIM 技术在施工阶段的应用也趋向于不同的桥型,并且其在施工阶段的应用需求也相对明确。在大跨度斜拉桥施工中,史瑞英等[32]以永川长江大桥项目作为工程背景,将钢锚梁、钢主梁与 BIM 模型相结合,构件均采用了工厂预制的方式。同时借助 Navisworks 进行施工过程模拟,顺利实现了构件预拼装、整体和局部模型的碰撞检查。张海华等[33]研究了基于 BIM 技术的桥梁可视化施工应用,结合重庆新白沙沱长江特大桥工程,分析了 BIM 技术在可视化交底、碰撞检测、施工材料统计、施工场地布置、可视化施工模拟、可视化施工管理等方面的应用。王东伟等[34]以乐清湾斜拉桥索塔施工为工程背景,研究了 BIM 技术在桥梁施工中可视化交底、深化设计、碰撞检查、虚拟施工及工程量计算等方面的应用。龙腾[35]以某结构复杂的变截面斜拉桥为实例,首先采用 Revit 软件建立了桥梁和临时施工设施的 BIM 模型,然后利用 Navisworks 建立全桥 4D 施工进度模型用于施工进度模拟。结果表明,设计阶段建立的 BIM 模型难以直接转化为施工应用模型,而且目前我国设计师还不能适应基于 BIM 的三维设计模式。

在大型拱桥施工中,张为和[36]提出了基于 BIM 技术的夜郎河双线特大桥施工应用方案,分别阐述了 BIM 技术在施工模型构建、进度模拟和施工现场管理等阶段的应用。杨光等[37]以金汇港大桥工程为依托,研究了 BIM 技术在施工工序模拟和施工进度模拟方面的应用。唐国武等[38]通过 Tekla 建立了合肥南环线钢桁梁柔性拱桥信息模型,研究了 BIM 技术在钢结构生产、安装过程和施工模拟中的应用。结果表明,通过应用 BIM 技术,减少了施工技术准备阶段的工作量,加强了制造和安装各参与方的协同工作,并且通过施工模拟能够对施工方案起到优化效果。马也犁[39]以某非对称外倾拱桥为研究对象,采用 Revit 建立了桥梁的 BIM 结构模型和施工模型,并采用 Navisworks 软件进行了碰撞检测、施工工序模拟和 4D 施工进度模拟等。

在大跨度钢桁梁悬索桥应用中,高红星[40]基于 Inventor 平台进行二次开发研制了 STBrIM 系统,通过对大型钢桁架桥梁进行 BIM 模型重建用以模拟其设计与施工过程,并以坝陵河大桥作为工程背景,发现 STBrIM 系统能够以整体功能的方式进行钢桁架桥梁的设计和施工。

上述学者结合具体工程实例,主要研究了 BIM 技术在施工阶段可视化交底、碰撞检测、施工材料统计、施工场地布置、可视化施工模拟、施工可视化管理等方面的应用。BIM 技术的应用对实际桥梁工程施工能够起到一定的优化作用,但是就现阶段而言,BIM 技术在施工过程中应用的层次较低,主要是利用 3D 模型解决部分关键节点问题,并未完整连续地应用于整座桥梁的施工过程,在整个桥梁建设过程中仍属于辅助性的技术。

4 BIM 技术在桥梁运维阶段的应用研究现状

4.1 运维阶段研究现状

在现有的研究中,主要通过将 BIM 竣工模型与新兴技术相结合,实现桥梁运营阶段的结构数据采集分析和常规检查,必要时进行安全预警和加固维修等。

胡振中等[41]提出了一个基于 BIM 的桥梁全寿命周期管理框架,着重讨论了 BIM 在桥梁快速建模、施工管理、耐久性监测和成本分析预测等四个方面的工程应用前景。吴露方[42]提出了基于达索公司软件的桥梁全生命周期管理,利用 ENOVIA 进行全生命周期管理、CATIA 进行建模、SIMULIA 进行分析计算、DELMIA 进行施工模拟、3DVIA 进行交互漫游。在运维阶段,通过 B/S 接入视频信号和构建监控信息,从而对信息进行分析及安全预警。邹阳[43]通过分析美国明尼苏达大桥的坍塌事故,提出三点基于 BIM 技术的桥梁运营管理发展方向:

(1)将 BIM 的信息管理技术与智能感应技术等其他技术相结合,收集和分析桥梁运营阶段的关键数据;

(2)改变桥梁传统的"重建轻养"观念,有针对有侧重地对桥梁进行常规检查以及缩短对重大危重桥梁的检测加固周期;

(3)利用 BIM 技术和云技术建立桥梁信息档案的数据库,方便随时调用桥梁的基本构成信息。

在装配式建筑全寿命周期管理方面,李天华等[44]提出将 BIM 和 RFID 技术相结合,能够实现建设项目各阶段数据信息及时共享与交流,推动全寿命周期的管理,并进一步研究了将 BIM 和 RFID 技术相结合在物业管理和建筑物改建拆除中的应用,通过简单 BIM 模型进行了验证。

在桥梁加固研究方面上,王熊珏[45]研究了基于 BIM 的桥梁结构加固技术及有限元分析。通过对桥梁加固全流程的分析,提出了一个基于 BIM 技术的

加固运用模式。以广州海珠桥加固项目作为工程依托,将该桥建立的 BIM 模型与 Midas Civil 进行对接,能够实现对加固过程中结构的内力状况进行监控分析的目的。

运维阶段具有数据量大、缺乏关键性指标等两大特点,虽然以上的学者对 BIM 技术在桥梁运维阶段的应用方向和目标进行了研究,但是仍然存在现有的技术手段与管理水平不匹配、相应标准不够完善和应用需求不明确等问题[46]。为了能够成功将 BIM 技术应用于桥梁的运维阶段,应当提高关键性技术和管理水平,建立运维阶段的管理标准和规范,更新动态监测和实时评价工具,整合宏观管理和精细化管理。

4.2 运维阶段应用现状

在现有的工程应用中,由于目前设计和施工单位都难以完全将 BIM 模型移交给运维单位,因而当前成功应用 BIM 技术对桥梁进行运营维护的案例为数不多。胡振中等[47]以青岛海湾大桥为例,研究了基于 BIM 技术的耐久性监测与安全评估,包括安全与耐久指纹获取、耐久性监测的 4D 模拟、安全性评价、耐久性和可靠性分析、安全预警等方面。

洪磊[2]以鄂东长江公路大桥为工程背景,构建了基于 BIM 技术的结构安全信息管理系统,首先通过 IFC 数据格式将设计和施工模型数据链接到该安全系统的平台,然后通过桥梁传感器实时采集结构内力、应变、支座反力、索力等数据,用以检测桥梁的内力状态和损伤情况,最后根据检测结果对桥梁进行安全预警。

李亚君[48]构建了基于 BIM 技术的港珠澳大桥运营管理框架,主要通过以下三个方面内容来实现:

(1)运用 Solidwork 对大桥进行三维建模,将设计信息添加到模型中,并通过 Midas Civil 对大桥的施工阶段误差进行控制,保障后期桥梁运营的安全性;

(2)采用电子化巡检养护系统,在大桥钢主梁及混凝土桥面板中安装传感器,通过远程采集和数据处理对大桥结构内力进行实时监控,在结构处于危险状态时进行安全预警;

(3)建立桥梁健康评估系统,对于采集到的数据进行桥梁缺损状况、承载力和性能退化评估,为大桥的安全运营提供可靠的理论依据。

在现有的工程应用中,主要是通过收集数据和进行结构内力状况分析来构建运营管理系统,从而实现对桥梁的运营管理。目前,国内主要是利用中国公路桥梁管理系统(即 CBMS)对已建桥梁进行运营管理,但是由于管理制度的不健全和收集数据的不及时、不准确,致使 CBMS 先进性和实用性没有得到充分的体现。如果能够通过 BIM 技术将竣工模型信息传递到运营管理系统,将更有利于 CBMS 功能的发挥。

通过对以上文献的归纳和整理,现将 BIM 技术在各个阶段的主要应用点和所借助软件归结为表 2。

5 BIM 技术在桥梁工程中应用研究的基本特征

通过对现有研究文献的归纳和整理发现,国内关于 BIM 技术在桥梁工程中的应用研究已经显现出了一定的基本特征,现归结为以下几个方面:

(1)现阶段缺失针对桥梁工程的核心建模软件,阻碍了 BIM 技术在桥梁工程中的应用推广。在设计阶段,虽然多款软件均可作为核心建模软件,但目前尚未有软件能够实现模型信息的全生命周期完整传递,因此现阶段国内的 BIM 技术的应用研究主要面向特定的工程,还不能够实现 BIM 技术在不同桥型的应用推广。

(2)国内 BIM 技术应用研究主要集中在设计和

表 2 主要应用点和借助软件

阶段	不同桥型	主要应用点	借助软件
设计阶段	斜拉桥	项目演示、三维建模、工程量统计、碰撞检查、二维出图	Revit、达索
	拱桥	三维建模、工程量统计、碰撞检测、二维出图	CATIA、Revit
	钢桥、景观桥	钢箱梁快速建模、数控对接、预拼装、施工图深化、复杂线性设计	CATIA、Solidworks、Revit
	铁路桥、公路桥	设计流程、三维建模、工程量统计、碰撞检测、二维出图	CATIA、Bentley、Solidworks
施工阶段	斜拉桥	可视化交底、材料统计、场地布置、预拼装、施工模拟和管理	Navisworks
	拱桥	施工模型构建、进度模拟、现场管理、钢结构加工安装	Navisworks、Tekla
	悬索桥	重建 BIM 模型模拟设计和施工	STBrIM 系统
运维阶段	桥梁加固、装配式建筑	全寿命管理框架、耐久性监测、成本分析、桥梁结构加固、内力监控、BIM 技术与智能感应技术、云技术、RFID 技术等的结合	达索、midas civil、ANSYS、CBMS 系统、智能感应技术、云技术、RFID 技术

施工阶段,缺乏 BIM 技术在运维阶段的理论研究和工程应用,与国外的 BIM 应用研究现状文献类似[49]。理论研究认为 BIM 技术应用于全寿命周期内取得的效果最好,但是由于现阶段设计和施工单位都难以将完整的 BIM 模型移交给运维单位,再加上缺乏合适的 BIM 运营管理平台和现有技术手段有限,因而目前的现状是早期阶段对 BIM 技术的应用比较频繁,运维等后期阶段较少。

(3)当前设计阶段软件二次开发主要针对特定的工程且能够实现的功能有限,不具有普遍的工程适用性。为解决不同设计软件间和不同阶段 BIM 模型的数据传递问题,有不少学者考虑在现有软件基础上进行二次开发的解决方式,但是由于桥梁类型众多和软件二次开发具有较大难度,目前二次开发只能保证信息在软件间单向传递和建立的桥梁族库类型有限且参数化度不高。

(4)国内 BIM 技术在桥梁工程的应用研究尚处于初级阶段。研究内容主要面向实际的桥梁工程,倾向于分析 BIM 技术在桥梁工程各阶段的应用优势和桥梁三维参数化建模的方法,应用研究深度较浅。相反,对于 BIM 基础理论、核心软件的开发和数据传递格式等方面的研究较少,但恰恰是这三方面的研究对发挥 BIM 技术在桥梁工程中的最大价值起着决定性作用。

(5)BIM 模型与其他技术的集成应用成为趋势。学者们提出将 BIM 模型和二维码与射频技术、单点测量与三维扫描技术、云技术、RFID 技术等现有技术结合,这样的结合能够更好地发挥 BIM 技术在桥梁工程中的价值,更好地实现 BIM 理念。随着未来新兴技术的出现,BIM 技术将包含更加丰富的内容,有待于进一步挖掘。

6 展望

为了能够更好地将 BIM 技术引进桥梁工程领域,国内学者和工程人员应当进一步加深对 BIM 基础理论的研究和扩大 BIM 技术的工程应用范围。在设计阶段,加快确定或者开发面向桥梁工程的核心建模软件,保证设计模型数据准确传递到施工阶段。在施工阶段,解决 BIM 技术在关键节点应用中存在的问题,尝试将其完整连续地应用于整座桥梁的施工过程。在运营维护阶段,应当重视 BIM 技术在运维阶段的应用研究,明确 BIM 技术在运维阶段的应用需求,并建立相应的管理系统和管理规范。

参考文献

[1] 张喜刚, 刘高,马军海,等. 中国桥梁技术的现状与展望[J]. 科学通报, 2016(4-5): 415-425.
[2] 洪磊. BIM 技术在桥梁工程中的应用研究[D]. 四川: 西南交通大学, 2012.
[3] 中国建筑科学研究院. 建筑信息模型应用统一标准[EB/OL]. [2017-3-17]. http://www. chinaasc. org/news/115386. html.
[4] 钱枫. 桥梁工程 BIM 技术应用研究[J]. 铁道标准设计, 2015(12): 50-52.
[5] 汪逊. 节段预制拼装桥梁的建筑信息模型(BIM)关键技术研究[D]. 东南大学, 2016.
[6] 李红学, 郭红领,高岩,等. 基于 BIM 的桥梁工程设计与施工优化研究[J]. 工程管理学报, 2012, 26(6): 48-52.
[7] 宋红飞, 常顺志,梁善国,等. BIM 技术在钢桥制造中的应用研究方向探讨[J]. 铁路技术创新, 2014(2): 60-62.
[8] 刘延宏. BIM 技术在铁路桥梁建设中的应用[J]. 铁路技术创新, 2015(3): 47-50.
[9] 熊世雄, 王垚,温剑,等. BIM 技术在钢桥工程的应用研究[J]. 铁路技术创新, 2014(2): 68-70.
[10] 林友强, 曾明根,马天乐,等. 桥梁工程设计 BIM 技术应用探索[J]. 结构工程师, 2016, 32(4): 7-12.
[11] 彭兴东. 基于 BIM 技术的桥梁工程建模方法研究[D]. 石家庄:石家庄铁道大学, 2016.
[12] 宋福春, 陈冲,张兴,等. BIM 技术在大跨度斜拉桥设计中的应用[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2016(1): 115-123.
[13] 刘杰, 马润平,胥润东. BIM 技术在摩洛哥布里格里格河谷斜拉桥中的应用[J]. 铁路技术创新, 2014(2): 88-92.
[14] 张磊. 大型桥梁工程的 BIM 设计体验:第十七届全国工程建设计算机应用大会,中国北京, 2014[C].
[15] 陈竟翔. BIM 技术在桥梁工程设计优化方面的应用[J]. 开封大学学报, 2016(2): 90-96.
[16] 王毅, 杨光. 基于 BIM 的钢箱梁自动建模研究[J]. 中国市政工程, 2016(4): 74-75.
[17] 张昊, 王荣香. 基于 Solidworks 的 BIM 绿色施工在人行景观桥梁工程中的研究应用:第六届中国中西部地区土木建筑学术年会,中国甘肃兰州, 2016[C].
[18] 汪彬. 建筑信息模型(BIM)在桥梁工程上的应用研究[D]. 南京:东南大学, 2015.
[19] 陈浩. BIM 技术在桥梁设计的应用探讨[J]. 工程建设, 2016, 48(6): 56-59.
[20] 李兴, 王毅娟,王健. 基于 CATIA 的 BIM 技术在桥梁设计中的应用[J]. 北京建筑大学学报, 2016(4): 13-17.
[21] 张建军, 晓杨,马宏深,等. 基于 Autodesk Revit 软件进

行桥梁 BIM 设计的方法研究[J]. 中国市政工程, 2016(4): 94-98.
[22] 冯川, 廖勇. 基于 CATIA 的 BIM 在简支 T 型桥梁上的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2015,7(2): 14-19.
[23] 刘彦明. 基于 Bentley 平台的铁路桥梁 BIM 设计系统[J]. 铁路技术创新, 2017(1): 12-14.
[24] 傅萌萌, 曾敏,黄卫,等. 深茂铁路潭江特大桥 BIM 设计研究[J]. 铁路技术创新, 2016(3): 58-61.
[25] 刘智敏, 王英,孙静,等. BIM 技术在桥梁工程设计阶段的应用研究[J]. 北京交通大学学报, 2015(6): 80-84.
[26] 元宇. 淮安市淮海路跨京杭运河大桥工程设计 BIM 应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2017(1): 45-49.
[27] 马文卓, 董娜. BIM 在施工管理中的应用研究[J]. 工程经济, 2017, 27(1): 53-55.
[28] 高晶晶, 邹俊桢,张金匙. BIM 技术在桥梁施工中的应用[J]. 桥隧工程, 2016(102): 57-61.
[29] 谢显红. BIM 在桥梁施工中的运用[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2015(4): 195-196.
[30] 杨创贵. BIM 技术在桥梁施工中的应用[J]. 建材与装饰, 2016: 243-244.
[31] 洪骏飞. BIM 技术在大型桥梁工程项目管理中的应用研究[D]. 广州:广东工业大学, 2016.
[32] 史瑞英, 贺洪波,张现林. BIM 技术在永川长江大桥施工中的应用研究[J]. 图学学报, 2016(4): 556-560.
[33] 张海华, 刘宏刚,甘一鸣. 基于 BIM 技术的桥梁可视化施工应用研究[J]. 公路, 2016(9): 155-161.
[34] 王东伟, 李响,王侥钢,等. 乐清湾大桥斜拉桥索塔施工 BIM 技术应用[J]. 公路, 2016(11): 100-104.
[35] 龙腾, 唐红,吴念,等. BIM 技术在武汉某高架桥工程施工中的应用研究[J]. 施工技术, 2014, 43(3): 80-83.
[36] 张为和. 基于 BIM 的夜郎河双线特大桥施工应用方案研究[J]. 铁道标准设计, 2015(3): 82-86.
[37] 杨光, 周魏,沈佳明. BIM 技术在金汇港大桥工程中的应用[J]. 城市住宅, 2014(11): 106-108.
[38] 唐国武, 王伟,杜伸云,等. BIM 在合肥南环线钢桁梁柔性拱桥施工中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2011,3(4): 76-81.
[39] 马也犁. BIM 技术在非对称外倾拱桥施工中的应用研究[D]. 四川:西南交通大学, 2016.
[40] 高红星. 大型钢桁架桥梁仿真的 BIM 技术应用研究[D]. 大连:大连理工大学, 2014.
[41] 胡振中, 路新瀛,张建平. 基于建筑信息模型的桥梁工程全寿命期管理应用框架[J]. 公路交通科技, 2010(S1): 20-24.
[42] 吴露方. 基于 BIM 的桥梁全生命周期管理研究初探[J]. 土木建筑工程信息技术, 2013, 5(6): 17-21.
[43] 邹阳. 桥梁信息模型(BIM)在设计与施工阶段的实施框架研究[D]. 重庆:重庆交通大学, 2014.
[44] 李天华, 袁永博,张明媛. 装配式建筑全寿命周期管理中 BIM 与 RFID 的应用[J]. 工程管理学报, 2012, 26(3): 28-32.
[45] 王熊珏. 智能建筑中独立能源管理系统的规划设计[J]. 数字技术与应用, 2015(3): 170-170.
[46] 王俊蒲. 桥梁管理系统的开发应用及存在问题[J]. 交通世界, 2009(13): 105-106.
[47] 胡振中, 彭阳,田佩龙. 基于 BIM 的运维管理研究与应用综述[J]. 图学学报, 2015(5): 802-810.
[48] 李亚君. BIM 技术在桥梁工程运营阶段的应用研究[D]. 重庆:重庆交通大学, 2015.
[49] 何清华, 杨德磊,郑弦. 国外建筑信息模型应用理论与实践现状综述[J]. 科技管理研究, 2015(3): 136-141.

Research and Application of BIM Technology in Bridge Engineering

Cheng Haigen, Shen Changjiang

(*School of Civil Engineering and Architecture*, *East China Jiaotong University*, *Nanchang* 330013, *China*)

Abstract: With the increasing applications of Building Information Modeling (BIM) technology in civil projects, there are also increasing numbers of research of BIM technology in the bridge engineering field. This paper systematically analyzes the research and application of BIM technology in bridge engineering from three aspects, including Design, Construction and Operation & Maintenance, and then summarized the basic characteristics of research status and engineering application of BIM technology in bridge engineering in our country. Finally, this paper accordingly proposed some suggestions for the future research and application of BIM technology in bridge engineering.

Key Words: BIM Technology; Bridge Engineering; Research Status; Application Status